

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-143403

(43)Date of publication of application : 02.06.1995

(51)Int.Cl.

H04N 5/335

(21)Application number : 05-285259

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 15.11.1993

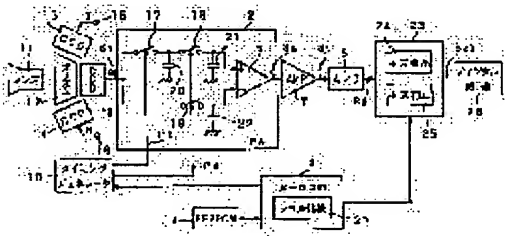
(72)Inventor : MIYAJI ISATAKA

(54) VIDEO CAMERA EQUIPMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To correct a defect of a CCD element in an excellent way regardless of a signal level by selecting the defect correction by a digital defect correction means or that by a sample-and-hold means depending on the level of a defective picture element so as to correct the defective picture element of a CCD.

CONSTITUTION: A microcomputer 6 of the video camera equipment selects a signal caused by a defective picture element in excess of a prescribed threshold level in its level comparison function section 27 and gives a control signal based on the selection to a timing generator 10. The generator 10 stops the sampling of a preamplifier circuit 2 for the selected signal to allow the circuit 2 to conduct pre-stage interpolation. That is, upon the receipt of a signal representing a defective picture element from a CCD element 1 in excess of the threshold level by the circuit 2, the microcomputer 6 controls the generator 10 to allow the circuit 2 to stop sampling of the signal of the defective picture element and to provide an output of one picture element stored in a capacitor. On the other hand, a digital defect correction circuit 23 corrects adaptively a defective picture element whose signal level is small.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-143403

(43) 公開日 平成7年(1995)6月2日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 4 N 5/335

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

P

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-285259

(22) 出願日 平成5年(1993)11月15日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 宮地 功孝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

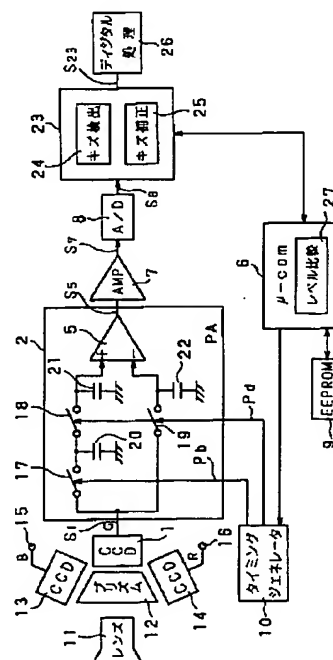
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ビデオカメラ装置

(57) 【要約】

【構成】 CCD素子1からの出力をサンプリングしてホールドするサンプルホールド手段であるブリアンプ回路2と、CCD素子1の欠陥画素の位置とレベルを検出する欠陥検出機能部23と、欠陥画素のレベルを所定の閾値と比較するレベル比較機能部27と、欠陥画素の位置とレベルの情報を記憶するEEPROM9と、所定の閾値以上のレベルの欠陥画素に対してはブリアンプ回路2でのサンプリング動作を制御して前値補間を行わせるマイクロコンピュータ6及びタイミングジェネレータ10と、デジタル処理によって欠陥画素の補正を行うデジタル欠陥補正回路23の欠陥補正機能部25とを有する。

【効果】 CCD素子の欠陥を、信号レベルの大小にかかわらず良好に補正できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 CCD素子からの出力をサンプリングしてホールドするサンプルホールド手段と、
上記CCD素子の欠陥画素の位置とレベルを検出する欠陥検出手段と、
上記欠陥画素のレベルを所定の閾値と比較する比較手段と、
上記欠陥画素の位置とレベルの情報を記憶する記憶手段と、
上記所定の閾値以上のレベルの欠陥画素に対しては上記サンプルホールド手段のサンプリング動作を制御して前置補間を行わせる制御手段と、
デジタル処理によって上記欠陥画素の補正を行うデジタル欠陥補正手段とを有することを特徴とするビデオカメラ装置。

【請求項2】 上記サンプルホールド手段は、上記CCD素子からの出力のリファレンス黒レベル及び信号レベルをサンプリングしてホールドすることを特徴とする請求項1記載のビデオカメラ装置。

【請求項3】 上記制御手段は、上記所定の閾値以上のレベルの欠陥画素に対してのみ、上記サンプルホールド手段でのサンプリング動作を停止させる制御を行うことにより、当該サンプルホールド手段から上記欠陥画素の前の画素に対応する信号のホールド値を出力させて上記前置補間を行わせることを特徴とする請求項1記載のビデオカメラ装置。

【請求項4】 上記所定の閾値は、光3原色の赤、緑、青の色成分毎に異なる値であることを特徴とする請求項1記載のビデオカメラ装置。

【請求項5】 上記デジタル欠陥補正手段は、上記欠陥画素の少なくとも1ライン前及び前後の画素のデータを用いて欠陥補正を行うことを特徴とする請求項1記載のビデオカメラ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばビデオカメラ等に用いられるCCD素子の欠陥画素を補正可能なビデオカメラ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、撮像素子としてCCD（チャージ・カップルド・デバイス）素子を用いたビデオカメラ装置においては、当該CCD素子の製造時又は製造後に発生する当該CCD素子の各画素の内の欠陥画素に起因する特異なレベルの信号を、補正可能となされている。すなわち、言い換えれば、CCD素子の欠陥画素を補正するようになされている。

【0003】この欠陥画素の補正は、通常は以下のようにして行われる。まず、予めCCD素子の欠陥画素を検出し、その欠陥画素の位置データやその欠陥画素に関する種々のデータをROM（リード・オンリ・メモリ）等

に記憶しておく。

【0004】このように予め欠陥画素の位置等をROMに記憶した状態で、ビデオカメラ装置の使用の際には、当該CCD素子からローパスフィルタ及びA/Dコンバータ等を介して供給された各画素データの内、上記ROMに記憶された欠陥画素の位置データに対応した位置の画素（すなわち欠陥画素）の近傍の画素データを用いて、当該欠陥画素データを補正する。

【0005】これにより、CCD素子によって得られた映像信号の内、特異なレベルの信号を出力する画素（すなわち欠陥画素）による出力（欠陥画素データ）は補正され、良好な再生画像を得ることができるようになる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記ROMに記憶した欠陥画素の位置等のデータに基づく欠陥画素の補正には、アナログ領域における欠陥補正として、CCD素子の欠陥画素からの信号のサンプリングを停止して当該欠陥画素の1画素前の信号を使うことによって欠陥画素の補正を行ういわゆる前置補間型の欠陥補正や、デジタル領域における欠陥補正として、当該欠陥画素の1ライン前及び前後の画素データを用いて被写体に応じた補正信号を生成するデジタル欠陥補正がある。また、欠陥画素データの補正には、上記前置補間型と上記デジタル欠陥補正とを二重に行う方法もある。

【0007】しかし、上記CCD素子の欠陥位置に対応する信号のサンプリングを停止して1画素前の信号を使うことによって補正を行う上記前置補間型の欠陥補正は、2画素分同じデータが続くことになるため、例えば縦ストライプ状の被写体を撮影した場合に当該補正点が目立ってしまうという不都合がある。すなわち、例えば図4に示すように、白線と黒線からなる縦ストライプ状の被写体を撮影したときに、欠陥画素の位置が例えば白線との境界部分の黒線上に存在するような場合には、上記前置補間によって白線部分に黒の補正データhが補間されて現れることになり、この補正データhが目立ち、画像の品質を著しく低下させるという不都合がある。

【0008】これに対して、上記デジタル欠陥補正では、1ライン前及び前後の画素データを用いて被写体に応じた補正信号を作ることができるので、図4の例のような場合でも補正点を目立たなくすることができる。

【0009】しかし、上記デジタル欠陥補正においては、例えば欠陥画素に起因する信号のレベルが大きいと、当該デジタル欠陥補正を行う構成の前段におけるアナログ回路で当該欠陥画素の信号の幅が広がり（例えば欠陥画素が1画素であっても当該欠陥画素の信号の幅が1画素分を越えてしまう）、したがって、当該アナログ回路の後段に設けられる上記デジタル欠陥補正回路での補正が完全に行えなくなってしまう欠点がある。

【0010】すなわち、上記CCD素子からの信号は、

10

20

30

40

50

通常、デジタル信号に変換される前にローパスフィルタによって低域濾波されるが、このとき上記欠陥画素に起因する信号のレベルが大きいような場合には、上記ローパスフィルタによる低域濾波によって、例えば図5のAに示すような欠陥画素の信号の幅が図5のBに示すように広がった信号となる。また、上記CCD素子からの出力信号のデジタル変換の際には、当該CCD素子におけるドライブ周波数と同じ周波数のクロックでA/D変換がなされるため、上述のように、欠陥画素の信号の幅が上記ローパスフィルタの低域濾波によって広がると当該A/D変換の1クロック以内におさまらなくなり、したがって、後のデジタル欠陥補正での補正が完全に行えなくなる。

【0011】さらに、上記前置補間型の欠陥補正とデジタル欠陥補正を二重に行う方法もあるが、この場合は、前置補間による補正で完全に欠陥を補正することが必要であると共に、当該前置補間を行う系とデジタル欠陥補正を行う系との位相が完全に合っている必要がある。例えば、前置補間系とデジタル欠陥補正系との位相があっていないと、通常レベルの小さな欠陥を大きくしてしまう（欠陥をかえって目立たせてしまう）おそれがある。

【0012】そこで、本発明は、上述した実情に鑑みてなされたものであり、CCD素子の欠陥を、信号レベルの大小にかかわらず良好に補正できるビデオカメラ装置を提供することを目的とするものである

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明はこのような実情を鑑みてなされたものであり、CCD素子からの出力をサンプリングしてホールドするサンプルホールド手段と、上記CCD素子の欠陥画素の位置とレベルを検出する欠陥検出手段と、上記欠陥画素のレベルを所定の閾値と比較する比較手段と、上記欠陥画素の位置とレベルの情報を記憶する記憶手段と、上記所定の閾値以上のレベルの欠陥画素に対しては上記サンプルホールド手段のサンプリング動作を制御して前置補間を行わせる制御手段と、デジタル処理によって上記欠陥画素の補正を行うデジタル欠陥補正手段とを有することを特徴とするものである。

【0014】ここで、上記サンプルホールド手段は、上記CCD素子からの出力のリファレンス黒レベル及び信号レベルをサンプリングしてホールドするものである。また、上記制御手段は、上記所定の閾値以上のレベルの欠陥画素に対してのみ、上記サンプルホールド手段でのサンプリング動作を停止させる制御を行うことにより、当該サンプルホールド手段から上記欠陥画素の前の正常画素に対応する信号のホールド値を出力させて上記前置補間を行わせるようにしている。さらに、上記デジタル欠陥補正手段は、上記欠陥画素の少なくとも1ライン前及び前後の画素のデータを用いて欠陥補正を行う。な

お、上記所定の閾値は、いわゆる光の3原色であるR（赤）、G（緑）、B（青）の色成分毎に異なる値とすることができる。

【0015】

【作用】本発明によれば、CCD素子の欠陥画素の補正を、CCD素子の欠陥画素のレベルの大小（所定の閾値との大小）に応じて、デジタル欠陥補正手段のみによる欠陥補正と、サンプルホールド手段による前置補間及びデジタル欠陥補正手段による欠陥補正とで切り換えて行うようにしている。

【0016】

【実施例】以下、本発明の好ましい実施例について、図面を参照にしながら説明する。

【0017】図1には、本発明実施例のビデオカメラ装置の概略構成を示している。本実施例のビデオカメラ装置は、図1に示すように、CCD素子（図1の例ではCCD素子1）からの出力をサンプリングしてホールドするサンプルホールド手段としての動作も行うブリアンプ回路2と、上記CCD素子1の欠陥画素の位置とレベルを検出する欠陥検出機能部（キズ検出機能部）23と、上記欠陥画素のレベルを所定の閾値と比較するレベル比較機能部27と、上記欠陥画素の位置とレベルの情報を記憶するいわゆるEEPROM（electrically erasable and programmable read only memory）9と、上記所定の閾値以上の信号レベルの欠陥画素に対しては上記ブリアンプ回路2でのサンプリング動作を制御して前置補間を行わせるマイクロコンピュータ6（タイミングジェネレータ10も含む）と、デジタル処理によって上記欠陥画素の補正を行うデジタル欠陥補正回路23の欠陥補正機能部（キズ補正機能部）25とを有することを特徴とするものである。

【0018】すなわち、本発明実施例のビデオカメラ装置は、撮像素子としてのCCD素子13、1、14と、欠陥画素の信号レベルが所定の閾値以上のときのみ当該CCD素子13、1、14の出力のうちの欠陥画素（例えばいわゆる白傷）位置でデータ部（信号部）のサンプリングを止めて1画素前の信号を当該白傷の信号の代わりに使う（すなわち前置補間を行う）ことによって、当該白傷（欠陥）の補正を行うアナログ回路系のブリアンプ回路2と、CCD素子の駆動クロックと同じクロック周波数でCCD素子の出力をA/D変換してデジタル信号処理を行うデジタル回路系とを有してなり、さらに、当該デジタル回路系には白傷（欠陥）の1ライン前及び前後の画素の信号情報から、被写体に応じた適応型の欠陥補正を行うデジタル欠陥補正回路23をも設けてなるビデオカメラ装置である。

【0019】この図1において、被写体からの光は、レンズ11を介してプリズム12に到達し、当該プリズム12によって、B（青）、G（緑）、R（赤）の成分に分離され、それぞれ対応するB用のCCD素子13、G

用のCCD素子1、R用のCCD素子14に入射する。各CCD素子13、1、14は、入射した光を光電変換によって電気信号とし、この電気信号を出力する。

【0020】なお、この図1では、上記G用のCCD素子1による電気信号が伝送される信号処理系のみを示し、上記B、R用のCCD素子13、14による電気信号が伝送される系についてはG用の信号処理系と同様であるため図示を省略している。B用のCCD素子13からの電気信号は端子15を介し、また、R用のCCD素子14からの電気信号は端子16を介して、G用の信号処理系同様の各系に送られる。

【0021】以下、上記G用の信号処理系について説明する。上記G用のCCD素子1からの例えば図2に示すような出力信号S₁は、上記ブリアンプ回路2のスイッチ17及びスイッチ19の入力端子に送られる。

【0022】上記スイッチ17の出力端子は一端が接地されたコンデンサ20の他端と接続され、上記スイッチ19の出力端子は一端が接地されたコンデンサ22の他端と接続されている。また、上記コンデンサ20の他端と上記スイッチ17の出力端子との共通接続点はスイッチ18の入力端子と接続され、当該スイッチ18の出力端子は一端が接地されたコンデンサ21の他端と接続されている。

【0023】これらスイッチ17とスイッチ18及び19が後述するサンプリングパルスP_b及びP_dに応じてそれぞれオン／オフされることで、それぞれ対応するコンデンサ20、21、22において充電或いは放電がなされることになり、当該ブリアンプ回路2でのサンプル及びホールドが実現されるようになっている。

【0024】ここで、これらスイッチ17と18及び19は、タイミングジェネレータ10からの例えば図2に示すようなサンプリングパルスP_bとP_dによって、オン／オフされるものである。当該サンプリングパルスP_bは上記CCD素子1の出力信号S₁のうちのリファレンス黒部R_bをサンプリング及びホールドするためのパルスであり、上記サンプリングパルスP_dは上記CCD1の出力信号S₁のうちの信号部R_sをサンプリング及びホールドするためのパルスである。

【0025】上述のようなサンプリングパルスP_b及びP_dによって、上記スイッチ17と18及び19がオン／オフされて各コンデンサ20、21、22の放電と充電がなされることによるサンプル及びホールド値は、差動アンプ5に送られる。すなわち、上記コンデンサ21の他端と上記スイッチ18の出力端子との共通接続点は差動アンプ5の正側（+側）入力端子と接続され、上記サンプリング22の他端と上記スイッチ19の出力端子との共通接続点は差動アンプ5の負側（-側）入力端子と接続されており、当該差動アンプ5からの差分値が、上記ブリアンプ回路2からのビデオ信号として出力される。

【0026】上記ブリアンプ回路2の差動アンプ5の出力S₂は、ビデオアンプ7によって増幅された後（信号S₇）、アナログ／デジタル（A/D）コンバータ8によってCCD素子のドライブ周波数と同じクロックでA/D変換されてデジタル信号に変換され（信号S₈）、後述するデジタル欠陥補正回路23を介してデジタル信号処理回路26に送られる。

【0027】当該デジタル信号処理回路26では、供給されたデジタル信号に対して、ビデオカメラ装置において必要なガンマ、ニー、ディテール、フレア等の各種信号処理を施す。

【0028】また、上記デジタル欠陥補正回路23は、欠陥画素の検出を行う欠陥検出機能部24と、デジタル処理によって欠陥画素の補正を行う欠陥補正機能部25とを有してなるものである。

【0029】具体的には、上記欠陥検出機能部24ではCCD素子1の信号から欠陥画素の位置とレベルを検出し、マイクロコンピュータ6に送る。

【0030】当該マイクロコンピュータ6は、レベル比較機能部27によって上記欠陥検出機能部24からの欠陥画素のレベルと所定の閾値とを比較すると共に、上記欠陥画素の位置とレベルの情報を、上記EEPROM9に記憶させる。

【0031】また、上記デジタル欠陥補正回路23の欠陥補正機能部25では、上記EEPROM9に記憶された欠陥画素の位置情報に基づき、当該欠陥画素の1ライン前及び前後の画素データを用いた適応型の補正を行う。

【0032】ところで、上記デジタル欠陥補正回路23における適応型の補正では、例えばCCD素子の欠陥画素に起因する信号のレベルが比較的大きい場合、ビデオアンプ7等のアナログ回路部の周波数特性や各種のフィルタ（図示は省略しているが前記ローパスフィルタ等）の影響によって、前述したように、当該欠陥画素に起因する信号の幅が広がってしまい（例えば1画素分の幅が2～3画素分になる）、したがって、欠陥画素の補正ができなくなる。

【0033】すなわち、例えば図3のAに示すように、欠陥画素に起因する信号のレベルが小さい場合には、差動アンプ5の出力信号S₅をビデオアンプ7で増幅した信号S₇をさらにA/Dコンバータ8でA/D変換した信号S₈は、上記デジタル欠陥補正回路23のみで補正でき、当該デジタル欠陥補正回路23の出力信号S₉は完全に補正されたものとなるのに対し、例えば図3のBに示すように、欠陥画素に起因する信号のレベルが大きい場合には、差動アンプ5の出力信号S₅をビデオアンプ7で増幅した信号S₇をさらにA/Dコンバータ8でA/D変換した信号S₈は、元々例えば1画素分の幅であったものが2～3画素分に広がってしまい、上記デジタル欠陥補正回路23ではA/D変換時の1クロ

ック内で欠陥補正ができず、したがって、完全に補正がなされていない信号 S_{23} が出力されるようになる。

【0034】このようなことから、本発明実施例のビデオカメラ装置のマイクロコンピュータ6では、上記欠陥検出機能部23において検出し上記EEPROM9に記憶しているCCD素子の欠陥画素のレベルの情報をを用い、当該レベルが所定の閾値より大きく、デジタル欠陥補正回路23での補正に上述のような問題が起りそのような欠陥画素に起因する信号を選択するようにしている。

【0035】すなわち、本実施例のビデオカメラ装置のマイクロコンピュータ6は、レベル比較機能部27における所定の閾値を越えるような欠陥画素に起因する信号を選択し、当該所定の閾値以上となる欠陥画素を選択したならば、この選択に基づく制御信号を上記タイミングジェネレータ10に送る。

【0036】当該タイミングジェネレータ10は、上記選択に基づく制御信号を受けると、上記選択した信号（すなわち所定の閾値以上のレベルの欠陥画素の信号）に対してはプリアンプ回路2でのサンプリング動作を停止させ（サンプリングパルスの供給を停止する）、当該プリアンプ回路2において前置補間を行わせるようにする。

【0037】言い換えれば、上記マイクロコンピュータ6は、上記閾値を越えるようなレベルの欠陥画素の信号がCCD素子1からプリアンプ回路2に供給されたときには、上記タイミングジェネレータ10を制御することによって、当該プリアンプ回路2における当該欠陥画素の信号のサンプリングを停止させると共に、コンデンサに蓄えられている1画素前の値（ホールド値）を上記プリアンプ回路2から出力させるようにしている。

【0038】その後、最終的にデジタル欠陥補正回路23において、最適な補正を行うようにする。

【0039】このように、本実施例のビデオカメラ装置では、上記所定の閾値を越えないような信号レベルの小さい欠陥画素に対しては上記デジタル欠陥補正回路23による適応的な欠陥補正のみを行い、上記所定の閾値を越えるような信号のレベルの大きい欠陥画素に対しては上記プリアンプ回路2における前置補間による欠陥画素の補正と共に前記デジタル欠陥補正回路23による適応的な欠陥補正の両方を行うようにしている。

【0040】言い換えれば、本実施例のビデオカメラ装置は、CCD素子の白傷すなわち欠陥画素の信号レベルに応じて欠陥補正を行うものであって、欠陥画素の信号レベルが通常のレベルの小さいものである場合にはデジタル欠陥補正回路23での適応型補正のみを行い、レベルが大きくてアナログ回路部を介することによって信号の幅が広がってしまい、デジタル欠陥補正回路23では完全に補正できないような欠陥に対しては、プリアンプ回路2での前置補間による補正を行った後にディジ

タル欠陥補正回路23での適応型補正を行うようにする。

【0041】なお、本実施例のビデオカメラ装置においては、常に、上記プリアンプ回路2での前置補間による補正と、上記デジタル欠陥補正回路23での補正とを二重に行う方法が考えられるが、ほとんどの欠陥（白傷）はデジタル欠陥補正回路23の補正のみで補正可能である。また、上記2つの補正を同時に行う場合には、前置補間を完全に行い、かつ、2つの補正の位相が完全に合っていないと、小さなキズの場合かえってキズを目立たせてしまうことになるため、欠陥画素の信号レベルで上述のように選択して最適な補正方法を組み合わせることが有効である。

【0042】また、上記所定の閾値は、上記各CCD素子13、14からの各R、G、Bの色成分毎に異なる値に設定されるものである。例えば、人間の視覚特性に適応して各色成分毎に異なる閾値を設定することができる。

【0043】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明のビデオカメラ装置においては、CCD素子の欠陥画素の補正を、CCD素子の欠陥画素のレベルの大小（所定の閾値との大小）に応じて、デジタル欠陥補正手段のみによる欠陥補正と、サンプルホールド手段による前置補間及びデジタル欠陥補正手段による適応型の欠陥補正とで切り換えて行うようにしている。すなわち、本発明のビデオカメラ装置によれば、欠陥画素のレベルが所定の閾値より大きくなるものであるときには、サンプルホールド手段での前置補間によってレベルの大きい信号を1画素前の正常な画素の信号と補間した後にデジタル欠陥補正手段での適応的な欠陥補正を行い、欠陥画素のレベルが所定の閾値よりも小さくなるものであるときには、デジタル欠陥補正手段による適応的な欠陥補正のみを行うようにしているため、CCD素子の欠陥を、信号レベルの大小にかかわらず良好に補正できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例のビデオカメラ装置の概略構成を示すブロック回路図である。

【図2】本実施例ビデオカメラ装置のプリアンプ回路におけるサンプルホールドの様子を説明するための波形図である。

【図3】本発明実施例ビデオカメラ装置で前置補間とデジタル欠陥補正とを組み合わせる構成をとることについて説明するための波形図である。

【図4】従来の前置補間による欠陥補正の欠点を説明するための図である。

【図5】従来のデジタル欠陥補正の欠点を説明するための図である。

【符号の説明】

1・・・G用のCCD素子

10

20

30

40

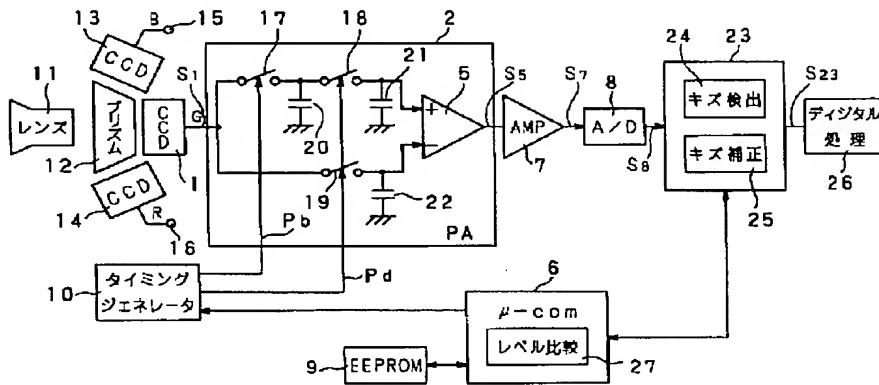
50

- 9
2 ブリアンプ回路
5 差動アンプ
6 マイクロコンピュータ
7 ビデオアンプ
8 A/Dコンバータ
9 EEPROM
10 タイミングジェネレータ
11 レンズ
12 プリズム

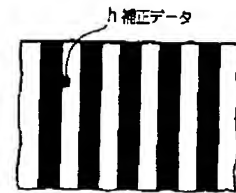
- 10
* 13 B用のCCD素子
14 R用のCCD素子
17, 18, 19 スイッチ
20, 21, 22 コンデンサ
23 欠陥検出機能部
25 欠陥補正機能部
26 デジタル信号処理回路
27 レベル比較機能部

*

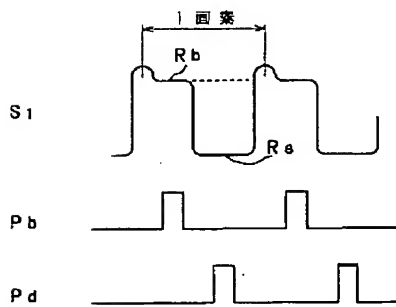
【図1】



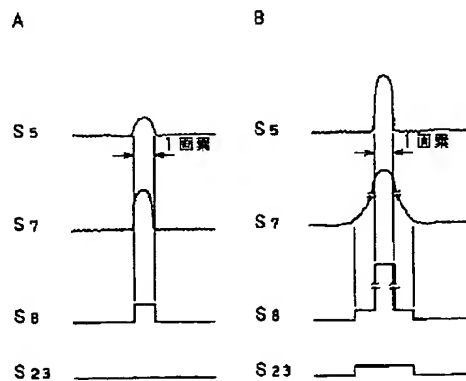
【図4】



【図2】



【図3】



【図5】

